

The method involves receiving signals of a sampling medium in a sensor, whose output signals are forwarded to a measuring- and evaluation unit, and compared with threshold values set in signal passages of the output signals caused by adjacent marks. A movement change is detected from a succession of overstepping events, in dependence on a determined average time interval between such events. The method involves determining a movement direction of a position sensor with an incrementing scale (1) with repeating sequences of marks (2), whereby each sequence comprises at least three marks affecting differently on an sampling medium. A sensor receives signals of the sampling medium, whose output signals are forwarded to a measuring- and evaluation unit, and are compared there with threshold values which are set in signal passages of the output signals caused by adjacent marks. A passage from one mark to the next causes an overstepping of a threshold value, whereby the movement direction of the scale is determined from the sensor output signals and their temporal sequence produced during scanning. A time is recorded at overstepping of a threshold value, and an average time interval between two adjacent overstepping events is determined. Two directly successive overstepping events which occur faster than the average time interval, are either eliminated, if sensor output signals are measured at a preceding and following overstepping event, which correspond to unequal marks, or are associated with a movement change, if the sensor output signals equal correspond to marks.

THIS PAGE BLANK (USPTO)



Q 00 548 D E 00

⑮ **BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND**



**DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT**

⑫ **Offenlegungsschrift**
⑩ **DE 198 05 207 A 1**

⑳ Aktenzeichen: 198 05 207.3
㉔ Anmeldetag: 10. 2. 98
㉕ Offenlegungstag: 9. 9. 99

⑤① Int. Cl.⁶:
G 01 B 21/00
G 01 B 11/00
G 01 P 13/04
G 01 D 5/34
H 03 M 1/30
// H 01 H 9/16

DE 198 05 207 A 1

⑦① Anmelder:
DaimlerChrysler AG, 70567 Stuttgart, DE

⑦② Erfinder:
Jankowski, Frank, Dipl.-Ing., 60318 Frankfurt, DE

⑤⑥ Entgegenhaltungen:
DE 1 95 45 999 A1
DE 43 26 640 A1

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑤④ Verfahren zur Bestimmung einer Bewegungsrichtung

⑤⑦ Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Bestimmung der Bewegungsrichtung eines Stellungsgebers mit inkrementalem Maßstab mit sich wiederholenden Folgen von Markierungen, wobei jede Folge wenigstens drei auf ein Abtastmedium unterschiedlich einwirkende Markierungen aufweist, wobei ein Sensor Signale des Abtastmediums empfängt, dessen Ausgangssignale in eine dem Maßstab zugeordnete Meß- und Auswerteschaltung weitergeleitet und dort mit Schwellwerten verglichen werden, welche Schwellwerte in Signalübergänge der von benachbarten Markierungen hervorgerufenen Sensorausgangssignale gesetzt sind, wobei ein Übergang von einer Markierung zur nächsten eine Überstreichung eines Schwellwerts hervorruft, und wobei aus Sensorausgangssignalen und zeitlicher Abfolge von bei einer Abtastung des Maßstabs erzeugten Sensorausgangssignalen die Bewegungsrichtung des Maßstabs bestimmt wird, wobei bei Überstreichen eines Schwellwerts eine Zeitwertnahme ausgelöst wird, daß ein mittlerer zeitlicher Abstand von zeitlich benachbarten Überstreichungen bestimmt wird, daß zwei unmittelbar aufeinanderfolgende Überstreichungen, welche schneller als dem mittleren zeitlichen Abstand entsprechend aufeinanderfolgen, entweder eliminiert werden, falls bei deren vorangegangener und nachfolgender Überstreichung Sensorausgangssignale gemessen werden, die ungleichen Markierungen entsprechen, oder einer Bewegungsrichtungsänderung zugeordnet werden, falls die Sensorausgangssignale gleichen Markierungen entsprechen.

DE 198 05 207 A 1

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Bestimmung einer Bewegungsrichtung, insbesondere eines inkrementalen Stellungsgebers, gemäß dem Oberbegriff des unabhängigen Anspruchs.

Inkrementale Stellungsgeber werden z. B. zur Weg- oder Drehwinkelmessung verwendet. Die Stellungsgeber können als linearer Maßstab oder als drehbarer Maßstab ausgebildet sein und tragen jeweils eine Spur mit verschiedenen Markierungen mit gleichmäßiger Teilung. Die Markierungen werden bei einer Relativverschiebung zwischen einem Sensor und dem Maßstab elektromechanisch, fotoelektrisch oder magnetisch abgetastet, wobei jede Markierung, der eine bestimmte Länge zugeordnet ist, in einen elektrischen Impuls umgesetzt wird. Die Impulse werden aufsummiert, wobei der Zählstand ein numerisches Abbild des vom Maßstab zurückgelegten Wegs ist.

Wird über die Positionsbestimmung hinaus auch Information über die Bewegungsrichtung benötigt, ist bekannt, zwei gleichartige Spuren einzusetzen, die um eine halbe Teilung gegeneinander versetzt sind. Ein solcher Stellungsgeber ist z. B. aus der DE-A1 43 26 640 bekannt. Dort ist eine Codierscheibe mit inkrementaler Teilung beschrieben, welche zwei um eine halbe Strichgitterteilung versetzten Spuren aufweist. Sowohl Anordnung als auch Auswertung sind jedoch aufwendig, da Sensoren und Auswertvorrichtungen für zwei unabhängige Spuren vorgesehen werden müssen. In der DE-A1 195 45 999 ist ein Stellungsgeber beschrieben, bei dem nur Signale einer einzigen Spur ausgewertet werden und bei welchem die Bewegungsrichtung des Stellungsgebers festgestellt wird, indem die zeitliche Abfolge der Zustandsänderungen zweier Komparatoren bewertet und mit einer Richtungsinformation versehen werden. Falls die Komparatoren jedoch nicht gleichzeitig auf Signale ansprechen, oder bei einem Übergang von einer Markierung zu einer nächsten, bei welchem bei mehr als einem Komparator Zustandsänderungen auftreten, werden Zwischenimpulse beobachtet, die zu fehlerhafter Interpretation der Bewegungsrichtung und/oder der Position des Stellungsgebers führen.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren zur Bestimmung der Bewegungsrichtung eines Stellungsgebers mit mindestens einer Spur anzugeben, dessen Codierung wenigstens zwei Zustände aufweist und bei dem fehlerhafte Zwischenimpulse, die eine Bewegungsumkehr des Stellungsgebers nur vortäuschen, sicher erkannt und eliminiert werden können.

Die Aufgabe wird durch die Merkmale des unabhängigen Anspruchs gelöst. Weiterführende und vorteilhafte Ausgestaltungen sind den weiteren Ansprüchen und der Beschreibung zu entnehmen.

Die Erfindung geht von einem inkrementalen Stellungsgeber aus, der als Abtastmedium mindestens einen Maßstab mit einem im wesentlichen periodischen, aber unsymmetrischen Muster aufweist. Das Muster besteht aus einer Reihe von gleichartigen, sich wiederholenden Folgen mit jeweils mindestens drei voneinander unterscheidbare Markierungen. Die Markierungen beeinflussen ein Prüfmedium in eindeutiger Weise jeweils unterschiedlich. Jede Markierung beeinflusst einen dem Stellungsgeber oder der Markierung zugeordneten Sensor und führt zu einem für jede Markierung spezifischen Ausgangssignal des Sensors, insbesondere bei optischen Markierungen zu unterschiedlichen Signalamplituden. Die Ausgangssignale des Sensors werden in eine dem Maßstab zugeordneten Meß- und Auswerteschaltung weitergeleitet und dort mit Schwellwerten verglichen werden, welche Schwellwerte in Signalübergänge der von benach-

barten Markierungen hervorgerufenen Sensorausgangssignale gesetzt sind, wobei ein Übergang von einer Markierung zur nächsten eine Überstreichung eines Schwellwerts hervorruft, und wobei aus Sensorausgangssignalen und zeitlicher Abfolge von bei einer Abtastung des Maßstabs erzeugten Sensorausgangssignalen die Bewegungsrichtung des Maßstabs bestimmt wird.

Die Erfindung besteht darin, daß bei Überstreichen eines Schwellwerts eine Zeitwertnahme ausgelöst wird, daß ein mittlerer zeitlicher Abstand von zeitlich benachbarten Überstreichungen bestimmt wird, daß zwei unmittelbar aufeinander folgende Überstreichungen, welche schneller als dem mittleren zeitlichen Abstands entsprechend aufeinander folgen, entweder eliminiert werden, falls bei deren vorangegangener und nachfolgender Überstreichungen Sensorausgangssignale gemessen werden, die ungleichen Markierungen entsprechen, oder einer Bewegungsrichtungsänderung zugeordnet werden, falls die Sensorausgangssignale gleichen Markierungen entsprechen. Geeignete Markierungen sind Graustufen, insbesondere mit den Stufen hell, grau, dunkel. Es können jedoch auch farbige Markierungen und/oder eine größere Zahl von Abstufungen und/oder Farben vorgesehen sein oder auch nichtoptische Markierungen.

Vorteilhaft ist, während der Abtastung des Maßstabs zusätzlich zu den Sensorausgangssignalen einer momentan abgetasteten Markierung mindestens ein weiteres Signal zuzuordnen, welches zur eindeutigen Zuordnung eines Sensorausgangssignals zur einer dieses Sensorausgangssignals verursachenden Markierung vorgesehen ist. Eine sehr günstige Weiterbildung des Verfahrens besteht darin, daß Sensorausgangssignale individuellen Markierungen nach der Abtastung des Maßstabs zugeordnet werden und daraus eine Bewegungskurve des Maßstabs erstellt wird, insbesondere mit einem Mikrocomputer. Dies ist besonders einfach und preiswert.

Die Erfindung wird anhand von in den Figuren dargestellten Ausführungsbeispielen erläutert. Es zeigen

Fig. 1 eine Codierscheibe als Rastermaßstab gemäß der Erfindung,

Fig. 2 eine Reihe von Graustufen mit Meßwerten in einer Bewegungsrichtung,

Fig. 3 eine Reihe von Graustufen mit Meßwerten mit Bewegungsrichtungsumkehr,

Fig. 4 eine Reihe von Graustufen mit Meßwerten mit Bewegungssoszillationen,

Fig. 5 eine Bewegungskurve gemäß dem erfindungsgemäßen Verfahren.

Die Erfindung ist anhand von Ausführungsbeispielen beschrieben, bei denen drei voneinander unterscheidbare Markierungen in einer Folge vorhanden sind, welche Folge sich aneinandergereiht entlang des Stellungsgebers mehrfach wiederholt. Bevorzugt sind Markierungen optisch unterscheidbar, wobei diese unterschiedlich lichtreflektierend oder lichtabsorbierend oder farbige Markierungen sind.

Der Stellungsgeber kann ein Linearmaßstab sein, bei dem die Markierungsfolgen entlang der Längsausdehnung des Maßstabs angeordnet sind oder eine Codierscheibe, bei der Markierungsfolgen in Umfangsrichtung der Scheibe angeordnet sind.

Die Markierungen bilden ein unsymmetrisches Muster. Dadurch kann eine Bewegungsrichtung leicht festgestellt werden, da der Wechsel von einer Markierung zur anderen wegen der Asymmetrie des Musters bei Bewegung des Maßstabs richtungsabhängig ist. Die Markierungen können sowohl in Reflexion oder im Durchlichtverfahren abgetastet werden. In Reflexion ist ein kompakter Meßaufbau möglich, während im Durchlichtverfahren eine geringere Justiergenauigkeit von Maßstab und optischen Sender und Empfänger

gern ausreichend ist als im Reflexionsverfahren, bei dem z. B. eine unerwünschte Vibration des Maßstabs die Reflexionsbedingungen unkontrolliert ändern und die Messung verfälschen kann.

In einer besonders einfachen Ausführung bestehen unterscheidbare Markierungen in einer Folge aus drei Graustufen hell, grau, dunkel, wobei auf dem Maßstab sich eine solche Folge mehrfach wiederholt. Graustufen sind im Reflexionsverfahren Markierungen mit unterschiedlichem Reflexionsvermögen, das für hell, grau, dunkel groß, mittel und klein ist. Im Transmissionsverfahren unterscheiden sich die Transmissivitäten der Markierungen und sind für hell, grau und dunkel entsprechend groß, mittel und gering.

In einer günstigen Anordnung wird Sendelicht als Prüfstrahl mit einer Lichtleitfaser auf einen Stellungsgeber, z. B. eine Codierscheibe, gesendet und das vom darauf befindlichen Maßstab reflektierte oder transmittierte Licht mit einer Detektoranordnung aufgefangen und analysiert. Im Reflexionsverfahren sind Lichtleitfasern zum Aussenden des Prüfstrahls und zum Empfangen des Prüfstrahls vorzugsweise eng benachbart nebeneinander angeordnet. Im Transmissionsverfahren liegen sich Sende- und Empfängerfaser vorzugsweise direkt gegenüber. Eine nicht näher dargestellte Detektoranordnung weist zumindest einen Photodetektor und eine zugeordnete übliche Verstärkungs- und Auswerteschaltung auf. In einer solchen Auswerteschaltung wird ein Positionswert und/oder ein Winkelwert durch Abzählen von Detektorpulsen, insbesondere Komparatorpulsen, errechnet, die durch eine Bewegung des Stellungsgebers verursacht werden. Üblicherweise werden dabei die Impulse gezählt und entsprechend dem Muster und/oder der Teilung des Maßstabs in einen Positionswert oder Drehwinkelwert umgerechnet. Einzelheiten einer solchen günstigen Anordnung sind nicht weiter dargestellt.

Fig. 1 zeigt eine schematische Darstellung eines Maßstabs 2 in Form einer Codierscheibe 1 mit Graustufen, bei der Markierungen in Umfangsrichtung am Rand der Scheibe 1 angeordnet sind. Um einen Drehwinkel der Scheibe 1 zu bestimmen, wird ein Prüfstrahl auf die Markierungen gesendet und reflektierte und/oder transmittierte Strahlung in einer Detektoranordnung nachgewiesen. Ein Sender sendet z. B. durch eine Lichtleitfaser einen Prüfstrahl auf das Abtastmedium, und ein Photodetektor empfängt die Signale des Prüfstrahls, welche von den abgetasteten Markierungen M1, M2, M3 beeinflusst sind. Dabei werden für unterschiedliche Graustufen M1, M2, M3 unterschiedliche Lichtintensitäten aufgefangen und in der Detektoranordnung in üblicher Weise vorzugsweise in Spannungssignale als Ausgangssignal I des Photodetektors umgesetzt. Dieses Ausgangssignal wird an Komparatoren K1, K2 weitergegeben.

Bei farbigen Markierungen ist vorteilhaft, wenn diese durch sogenannte Grundfarben gebildet werden, wobei als Grundfarbe eine Farbe verstanden wird, die nicht durch eine Mischung anderer Grundfarben erzeugbar, d. h. nicht durch eine Linearkombination der Frequenzen der Grundfarben erzeugbar ist. Dabei ist es zweckmäßig, wenn die Grundfarben des Musters einer Folge gleiche Intensität aufweisen. Sind die Intensitäten unterschiedlich, führt eine Mischung von Farbe und Intensität zu mehrdeutigen Ergebnissen und erhöht den Auswerteaufwand. Sind rot und grün als Grundfarben vorgesehen, so kann gelb keine Grundfarbe sein, da eine Mischung von rot und grün die Farbe gelb ergibt. Bei $n=3$ Grundfarben sind $2^n=8$ Farben erzeugbar. Es sind dabei so viele Schwellwerte vorzusehen, wie Grundfarben in einer Folge vorhanden sind. Werden, wie bei Graustufen, Intensitäten als eine für das Abtastmedium charakteristische Größe verwendet, sind $n-1$ Schwellwerte für n Intensitätsstufen notwendig. Bei drei Graustufen sind demnach 2 Komparato-

ren vorzusehen. Werden andere, insbesondere linear unabhängige Basisgrößen verwendet, wie z. B. Grundfarben rot, grün, blau, ist für jede Basisgröße ein Schwellwert und/oder ein Komparator vorzusehen.

In Fig. 2 sind die Verhältnisse bei Bewegung des Maßstabs 2 relativ zu einem Prüfstrahl näher erläutert. In der oberen Zeile sind mehrere Folgen von Markierungen M1, M2, M3 in Form von Graustufen hell, grau, dunkel abgebildet, wie sie bei Abtastung des Maßstabs 2 in einer Richtung beobachtet werden können. In der Zeile darunter sind die den Markierungen M1, M2, M3 entsprechenden Ausgangssignale I des Photodetektors dargestellt. Darunter sind die von den jeweiligen Komparatoren K1 und K2 ausgegebenen Ausgangspulse angegeben. In der Zeile darunter sind Zustandsänderungen der Komparatoren K1 und K2 mit zugehörigen Zeitwerten t_1 – t_{10} aufgeführt, wobei beim Überstreichen von Schwellwerten S1, S2 erfindungsgemäß eine Zeitwertnahme durchgeführt und die Zeitwerte t_1 – t_{10} festgehalten werden. Beim Wechsel von Markierung M1 zu M2 steigt das Signal I ebenso an wie beim Übergang von M2 nach M3. Dabei wird die Ansprechschwelle S1 des ersten Komparators K1, welche auf einen Signalwert zwischen den Signalen der Markierungen M1 und M2 eingestellt ist, überstrichen. Die Ansprechschwelle S2 des zweiten Komparators K2 ist auf einen Signalwert zwischen den Signalwerten der Markierungen M2 und M3 eingestellt. Für n Markierungen innerhalb einer Folge sind $n-1$ Komparatoren mit entsprechend eingestellten Ansprechschwellen S1, S2 vorgesehen. Die Komparatoren K1, K2 geben von einem ersten Zustandswechsel eines Komparators bei Überschreiten dessen Schwellwerts S1, S2 bis zu einem zweiten Zustandswechsel des Komparators beim Unterschreiten dessen Schwellwerts S1, S2 einen Puls am Komparatorausgang aus.

Durch relative Bewegung des Maßstabs 2 gegenüber dem Prüfstrahl überstreicht der Prüfstrahl in einer Bewegungsrichtung nacheinander Markierungen M1, M2, M3, M1, M2, M3 und so fort. Wenn der Prüfstrahl innerhalb einer Folge von einer Markierung zur anderen wechselt, steigt die Intensität des Detektorsignals dementsprechend an und fällt beim Übergang zur nächsten Folge, die wiederum mit M1 beginnt, über zwei Stufen ab, steigt dann wieder an und so fort. Die Bewegung des Maßstabs 2 relativ zu einem Prüfstrahl soll dabei zweckmäßigerweise zumindest über mehrere Folgen der Markierungen M1, M2, M3 im wesentlichen konstant oder nur langsam veränderlich sein.

Dabei wird beim Anstieg des Ausgangssignals I beim Übergang von M1 nach M2 ein Schwellwert S1 des Komparators K1 überstrichen und ein Zustandswechsel des ersten Komparators K1 bei einem Zeitpunkt t_1 ausgelöst. Bei einer Überstreichung eines Schwellwerts wird jeweils eine Zeitwertnahme ausgelöst. Der Anstieg oder Abfall des Signals I erfolgt nicht abrupt, sondern weist eine endliche Steigung auf. K1 gibt ein Signal am Ausgang aus, bis S1 wieder unterschritten wird. Ein Überstreichen des Schwellwerts S1 des Komparators wird immer als Übergang von M1 nach M2 oder von M2 nach M1 interpretiert. Beim Übergang von M2 nach M3 überstreicht das Signal I den Schwellwert S2 des zweiten Komparators K2, und es erfolgt ein Zustandswechsel des Komparators K2 zum Zeitpunkt t_2 . Ein Überstreichen des Schwellwerts S2 wird immer als Übergang von M2 nach M3 oder von M3 nach M2 interpretiert, auch wenn z. B. auf dem Maßstab 2 von der Markierung M3 (dunkel) zur Markierung M1 (hell) übergegangen wird. Bei dem Wechsel von M3 nach M1, wenn der Prüfstrahl von M3 nach M1 wechselt, führt die Intensitätsabnahme des Signals I erst zu einem Zustandswechsel des zweiten Komparators K2 bei t_3 , dann zu einem Zustandswechsel des ersten Komparators K1 bei t_4 . Der zeitliche Abstand t_4 – t_3 dieser beiden

Überstreichungen der Schwellwerte S1 und S2 ist deutlich kürzer als der zeitliche Abstand der ersten beiden Zustandswechsel t_2-t_1 und t_3-t_2 . Die Länge dieses Zeitintervalls hängt von der Flankensteilheit des Ausgangssignals I ab und ist nicht auf eine Markierung M1, M2, M3 des Maßstabs 2 zurückzuführen. Bei ideal steilen Signalfanken würde ein solches kurzes Intervall im Idealfall nicht auftreten. In der Messung werden jedoch zwei kurz hintereinander folgende scheinbare Übergänge zwischen zwei Markierungen erkannt. Gemäß dem erfindungsgemäßen Verfahren wird ein solches kurzes Intervall dann eliminiert, wenn es nicht auf eine Bewegungsumkehr zurückzuführen ist. Damit läßt sich eine der Realität entsprechende Bewegungskurve des Maßstabs bestimmen.

Die Flankensteilheit eines realen Sensorsignals I hängt von mehreren Einflußgrößen ab. An der Grenze zwischen zwei Markierungen erhält der Photodetektor unter anderem wegen der endlichen räumlichen Größe der lichtempfindlichen Fläche, der Konvergenz des Lichtstrahls sowie der Größe des Prüfstrahls eine Lichtintensität, die von den beiden aneinandergrenzenden Markierungen beeinflusst sind. Diese Verschmierung des vom Photodetektor empfangenen optischen Signals ist eine wesentliche Ursache für Fehlerquellen bei der Bestimmung der Bewegungsrichtung des Maßstabs. Die Flankensteilheit wird unter anderem von der Größe des Prüfstrahls, der Detektorfläche bzw. optischen Eintrittspupille für das nachzuweisende Signal, der Inkrementgröße und der relativen Geschwindigkeit zwischen Maßstab und Prüfstrahl beeinflusst.

In Fig. 3 ist dargestellt, daß auch eine Bewegungsumkehr zu einer kurzen zeitlichen Folge von Überstreichungen von Schwellwerten S1, S2 führt, wobei der zeitliche Abstand deutlich kürzer ist als der mittlere zeitliche Abstand von mehreren aufeinanderfolgenden Überstreichungen von Schwellwerten S1, S2, die von Übergängen von einer Markierung zur benachbarten Markierungen hervorgerufen werden. In diesem Fall stellt ein kurzes Intervall genau die gewünschte Information über eine Bewegungsumkehr dar und darf nicht eliminiert werden. Die Darstellung der Markierungen und Signale entspricht im wesentlichen der in Fig. 2. Im Gegensatz zu einer dort beschriebenen, im wesentlichen gleichförmig in eine Richtung verlaufende Bewegung des Maßstabs 2 bzw. der Abtastung der Markierungen M1, M2, M3, tritt hier jedoch zum Zeitpunkt t8 eine Bewegungsumkehr des Maßstabs 2 auf, was in der Darstellung der Markierungen in der obersten Zeile der Fig. 3 durch eine Änderung der Markierungsreihenfolge M3-M1-M3-M1-M2 ... statt M3-M1-M2-M3 ... angedeutet ist.

Informationen, welche zumindest die Zeitpunkte t, zu denen Überstreichungen der Schwellwerte S1 und S2 erfolgen, womit Zustandswechsel der Komparatoren K1 und K2 ausgelöst werden, sowie der jeweils zum Zeitpunkt der Überstreichung angesprochene Komparator K1 oder K2 werden fortlaufend vorzugsweise an eine Datenverarbeitungseinheit, insbesondere einen Computer und/oder Mikroprozessor weitergeleitet. Die einzelnen Markierungen können, bei optischen Markierungen z. B. kleine Abmessungen in der Größenordnung von einigen hundert Mikrometern aufweisen, so daß bei der Datenaufnahme eine hohe Zahl von Daten in einem Mikroprozessor zu verarbeiten ist. Ein Mikroprozessor ist in dieser Phase voll ausgelastet und kann kurzfristig keine anderen Bearbeitungsschritte ausführen. Die aufgenommenen Daten haben noch keine unmittelbar ablesbare Richtungsinformation. Diese wird in anschließenden Auswerteschritten aus den aufgenommenen Daten gewonnen.

Jeder Markierung M1, M2, M3 kann eine Wertigkeit in Form eines Zahlenwertes zugewiesen werden. Damit kön-

nen vorteilhaft Farben, optische Polarisationszustände, Intensitäten, Graustufen und andere Markierungsarten in analoger Weise beschrieben und verarbeitet werden. Besonders vorteilhaft ist, eine solche Zuordnung mit entsprechenden Datenverarbeitungsprogrammen durchzuführen und auszuwerten. Die Stufung der Wertigkeit zwischen benachbarten Markierungen richtet sich zweckmäßigerweise nach der Anzahl der beteiligten Komparatoren beim Übergang von einer Markierung zur anderen. So sind z. B. beim Übergang von M3 nach M1 in Fig. 2 oder Fig. 3 zwei Komparatoren K1 und K2 beteiligt, während beim Übergang vom M1 nach M2 nur ein Komparator K1 beteiligt ist. Werden drei Graustufen als Markierung verwendet, kann der Markierung hell vorzugsweise eine Wertigkeit 2, der Markierung grau eine Wertigkeit von 1 und der Markierung dunkel eine Wertigkeit von 0 zugeordnet werden.

Ist jeweils die Markierung bekannt, welche tatsächlich vor und hinter einem kurzen Intervall liegt, kann ein Bewegungswechsel eindeutig von einem scheinbaren Bewegungswechsel unterschieden werden. Ein Bewegungswechsel liegt immer dann vor, wenn die einem kurzen Intervall benachbarten Markierungen gleichartig sind, d. h. gleiche Signale im Detektor hervorrufen. Sind die benachbarten Markierungen vor und hinter dem kurzen Intervall nicht gleich, so ist das kurze Intervall zu eliminieren.

Die Markierungen können dabei während der Abtastung parallel miterfaßt werden, so daß während der Messung jederzeit eine aktuell abgetastete Markierung bekannt ist und ein Detektorausgangssignal einer individuellen Markierung eindeutig zuzuordnen ist. Dazu wird vorzugsweise bei der Datenaufnahme ein Zusatzsignal miterfaßt, womit die Markierung identifizierbar ist. Eine vorteilhaft Ausgestaltung ist, eine Zuweisung von Ausgangssignalen I zu abgetasteten Markierungen erst nach der Datenaufnahme rechnerisch durchzuführen. Damit ist eine sehr preisgünstige Lösung möglich, da teure Prozessorkapazität und aufwendige Sensorik eingespart werden kann.

In Fig. 4 ist schematisch eine Situation dargestellt, bei der der Maßstab 2 eine Oszillation ausführt, bevor eine Bewegung in eine Richtung stattfindet. In diesem Beispiel springt der Maßstab zwischen den Markierungen M1 und M2 mehrfach hin und her (Zeitpunkte t_1-t_5). Dabei finden jeweils Überstreichungen des Schwellwerts S1 statt. Der Komparator K1 gibt von t_1 bis t_2 einen Puls als Ausgangssignal ab, zwischen t_3 und t_4 und dann zwischen t_5 und t_6 . Der Komparator K2 gibt erst bei t_6 ein Ausgangssignal ab, welches bis t_8 ansteht. Erst ab dem Zeitpunkt t_6 erfolgt eine Bewegung in Richtung M3 und so fort, wie bereits z. B. anhand von Fig. 1 und Fig. 2 mit Bewegungsumkehr beschrieben ist.

Die Bearbeitungsschritte gemäß dem erfindungsgemäßen Verfahren sind folgende. Im ersten Schritt wird eine Datenmenge aufgenommen und abgespeichert. Die Daten umfassen zumindest Überstreichungen der Schwellwerte S1, S2 jedes Komparators K1, K2 mit den jeweils zugehörigen Zeitwerten t. Es kann entweder jeweils zugehörige aktuelle Markierung M1, M2, M3 parallel dazu miterfaßt werden, so daß Ausgangssignale des Detektors jederzeit einer individuellen Markierung zuzuordnen sind. Eine günstige und kostensparende Alternative zur gleichzeitigen Messung der Inkrementfarbe besteht darin, die Zuordnung zu Markierungen in einem zweiten Schritt nach der Datenaufnahme aufgrund der zeitlichen Abfolge der Zustandswechsel der Komparatoren und der Überstreichungen zu bestimmen.

Die Zuordnung von Ausgangssignalen zu einer individuellen Markierung läßt sich nach der Datenaufnahme feststellen, indem die Zahl der unmittelbar aufeinanderfolgenden Überstreichungen der Schwellwerte eines Komparators be-

trachtet wird. Dabei wird als gegeben angenommen, daß eine Überstreichung des Schwellwertes eines Komparators einem Wechsel zwischen zwei Markierungen in der einen oder anderen Richtung entspricht, z. B. von grau nach dunkel oder von dunkel nach grau für Komparator K2. Es wird gezählt, wieviele Überstreichungen ein Komparator liefert, bis der nächste Komparator anspricht. Erfolgt ein Zustandswechsel des ersten Komparators K1, so ist gemäß der Interpretation der Meßwerte – in einer Bewegungsrichtung – entweder ein Übergang von hell nach grau oder ein Übergang von grau nach hell erfolgt. Handelt es sich um eine gerade Anzahl von Überstreichungen und führt die erste Überstreichung des zeitlich nächsten ansprechenden Komparators zu einer Markierung mit niedrigerer Wertigkeit, so ist die Ausgangsmarkierung die wertniedrigere Farbe der im Fall von drei Graustufen zwei möglichen Markierungen des ersten Zustandswechsels. Führt der nächste ansprechende Komparator zu einer wertmäßig höheren Markierung, so ist dagegen die Ausgangsmarkierung die werthöhere Markierung der zwei möglichen Markierungen der ersten Überstreichung. Bei ungerader Anzahl der gezählten Überstreichungen liegen die Verhältnisse genau umgekehrt. Aus der Kenntnis der Reihenfolge der Markierungen der abgespeicherten Folgen von Überstreichungen ist damit die Richtung der Bewegung des Maßstabs bekannt. Ausgehend von der ersten Ausgangsmarkierung kann eine jeweils folgende Markierung leicht bestimmt werden.

Die z. B. beim Wechsel von dunkel nach hell auftretenden kurzen Intervalle werden anschließend eliminiert und führen nicht mehr zu einer Verfälschung der Messung. Dies geschieht im Schritt 3, indem die Zeitdauer von einem oder mehreren zeitlichen Intervallen zwischen Überstreichungen von Schwellwerten S1, S2 mit der Zeitdauer von benachbarten Intervallen verglichen wird. Ist die Zeitdauer eines Intervalls signifikant geringer als die der benachbarten Intervalle, und ist zusätzlich die Markierung der vorausgegangenen und der folgenden Markierung des kurzen Intervalls unterschiedlich, so wird dieses kurze Intervall als keiner Markierung oder Bewegungsumkehr zuzuordnendes Intervall erkannt und wird eliminiert, indem die beiden zugehörigen Überstreichungen der Schwellwerte S1 und S2 auf einen gemeinsamen mittleren Zeitpunkt zusammengelegt werden, so daß ein einziger Übergang entsteht und die Schwellwerte S1 und S2 der Komparatoren K1 und K2 gleichzeitig überstrichen werden, zweckmäßigerweise liegt der gemittelte Zeitpunkt innerhalb des vormaligen zeitlich kurzen Intervalls, bevorzugt in der Mitte des Intervalls.

Sind die Nachbarmarkierungen, welche vor und nach dem kurzen Intervall gemessen werden, dagegen gleich, so liegt ein Wechsel der Bewegungsrichtung vor, so daß das kurze Intervall auf jeden Fall nicht gelöscht werden darf. Der Unterschied zwischen der Zeitdauer eines kurzen Intervalls und eines Intervalls zwischen zwei von einer Markierung herrührenden Überstreichungen hängt dabei von vergleichbaren Bedingungen ab wie die Flankensteilheit der Detektorsignale und ist den aktuellen Versuchsbedingungen entsprechend anzupassen bzw. zu bestimmen. Ein kurzes Intervall ist dann signifikant kurz, wenn es sicher von der Dauer der üblichen Intervalle unterscheidbar ist. Bei einem Aufbau mit Lichtleitfasern von 700 µm Durchmesser und Inkrementen von 1 mm Länge und einer Meßgeschwindigkeit von x mm/s beträgt ein kurzes Inkrement höchstens 30% von einem normalen Inkrement. Dieser Unterschied ist zuverlässig erkennbar.

Im vierten Schritt wird aufgrund der in den vorangegangenen Schritten bereits ermittelten Überstreichungen und Ausgangsmarkierungen die zugehörige Bewegungsrichtung bestimmt. Da die Reihenfolge der abgetasteten Markierungen

des Maßstabs nunmehr bekannt ist, ist wegen des unsymmetrischen Musters die Bewegungsrichtung bekannt.

Im fünften Schritt erfolgt eine Zuweisung von Indizes zu den einer Anfangsmarkierung folgenden Markierungen und eine Zusammenfassung mit von im ersten Schritt gespeicherten Zeitwerten. Die Indizes entsprechen der Reihenfolge der Markierungen unter Berücksichtigung von Wechseln der Bewegungsrichtung des Maßstabs 2. Jedes Wertepaar aus Index und Zeitwert bildet einen Punkt einer Bewegungskurve des Maßstabs 2. Jeder Übergang von einer Markierung zu einer anderen löst in der Meß- und Auswerteschaltung einen Zählpuls aus. Demnach kann die Bewegung des Maßstabs 2 einer Weggröße, insbesondere Winkel oder Wegstrecke, zugeordnet werden. Ausgehend von einem Anfangspulswert, dem Index einer Anfangsmarkierung, wird die Zahl der Ausgangspulse zumindest eines Komparators gezählt und bei jeder Überstreichung von Schwellwerten der Komparatoren K1, K2 bei Vorwärtsbewegung des Maßstabs 2 die Pulszahl inkrementiert und bei Rückwärtsbewegung dekrementiert. Jeder Pulszahl wird der Zeitwert der zugehörigen Überstreichung zugeordnet und eine der Pulszahl zuzuordnenden Weggröße mit dem Zeitwert verknüpft. Die Wertepaare Weggröße und Zeitwert bilden die Bewegungskurve.

Optional kann im sechsten Schritt eine Mittelung von Zeitwerten erfolgen. Damit kann eine Bewegungskurve geglättet werden. Gleichzeitig werden Ungenauigkeiten bei der Zeitwertnahme ausgeglichen. Zweckmäßig ist es, als Zeitwert einen Zeitwert in der Mitte eines Intervalls zwischen zwei Überstreichungen von Schwellwerten zu wählen. Hierzu wird für jeden Index die halbe Differenz zwischen den Zeiten der das Intervall umschließenden Überstreichungen gebildet und zum Zeitwert des vorderen Pulses addiert. Es ist sehr vorteilhaft, das Verfahren mit einem Mikrocomputer und die Bearbeitungsschritte mit Hilfe eines darin abgelegten Computerprogrammes durchzuführen.

In Fig. 5 ist eine gemäß dem beschriebenen Verfahren gewonnene Bewegungskurve dargestellt. Die Bewegung des Maßstabs 2 zeigt einen ansteigenden Verlauf über der Zeit bis etwa 160 ms, wo eine Bewegungsumkehr festgestellt. Der Maßstab bewegt sich dann zwischen 160 ms und 200 ms langsam rückwärts.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Bestimmung der Bewegungsrichtung eines Stellungsgebers mit inkrementalem Maßstab mit sich wiederholenden Folgen von Markierungen, wobei jede Folge wenigstens drei auf ein Abtastmedium unterschiedlich einwirkende Markierungen aufweist, wobei ein Sensor Signale des Abtastmediums empfängt, dessen Ausgangssignale in eine dem Maßstab zugeordneten Meß- und Auswerteschaltung weitergeleitet und dort mit Schwellwerten verglichen werden, welche Schwellwerte in Signalübergänge der von benachbarten Markierungen hervorgerufenen Sensorausgangssignale gesetzt sind, wobei ein Übergang von einer Markierung zur nächsten eine Überstreichung eines Schwellwerts hervorruft, und wobei aus Sensorausgangssignalen und zeitlicher Abfolge von bei einer Abtastung des Maßstabs erzeugten Sensorausgangssignalen die Bewegungsrichtung des Maßstabs bestimmt wird, **dadurch gekennzeichnet**, daß bei Überstreichen eines Schwellwerts (S1, S2) eine Zeitwertnahme ausgelöst wird, daß ein mittlerer zeitlicher Abstand von zeitlich benachbarten Überstreichungen bestimmt wird, daß zwei unmittelbar aufeinander folgende Überstreichungen, welche schneller als dem mittleren zeitli-

chen Abstands entsprechend aufeinander folgen, entweder eliminiert werden, falls bei deren vorangegangener und nachfolgender Überstreichungen Sensorausgangssignale (S) gemessen werden, die ungleichen Markierungen (M1, M2, M3) entsprechen, oder einer 5
Bewegungsrichtungsänderung zugeordnet werden werden, falls die Sensorausgangssignale gleichen Markierungen (M1, M2, M3) entsprechen.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß während der Abtastung des Maßstabs (2) zusätzlich zu den Sensorausgangssignalen (I) einer momentan abgetasteten Markierung (M1, M2, M3) mindestens ein weiteres Signal zugeordnet wird, welches zur eindeutigen Zuordnung eines Sensorausgangssignals (I) zur einer dieses Sensorausgangssignal (I) verursachenden Markierung (M1, M2, M3) vorgesehen ist. 10 15

3. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß Sensorausgangssignale (I) individuellen Markierungen (M1, M2, M3) nach der Abtastung des Maßstabs (2) zugeordnet werden. 20

4. Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß aus der Zahl der zeitlich unmittelbar aufeinanderfolgenden Überstreichungen eines ersten Schwellwerts (S1) eine Zuordnung eines Sensorausgangssignals (S) zu einer abgetasteten aktuellen Markierung (M1, M2, M3) erfolgt, indem mögliche Werte von Wertigkeiten zweier benachbarter Markierungen (M1, M2) anhand des überstrichenen ersten Schwellwerts (S1) festgestellt werden und der aktuellen Markierung (M1, M2, M3) bei gerader Anzahl von zeitlich unmittelbar aufeinanderfolgenden Überstreichungen des ersten Schwellwerts (S1, S2) und einer niedrigeren Wertigkeit der folgenden Markierung nach der Überstreichung des nächsten Schwellwerts (S2, S1) die niedrigere Wertigkeit und bei einem höheren Wert der folgenden Markierung nach der Überstreichung des nächsten Schwellwerts (S2, S1) die höhere Wertigkeit zugeordnet wird, während der aktuellen Markierung bei einer ungeraden Anzahl von Überstreichungen des ersten Schwellwerts (S1) und einer niedrigeren Wertigkeit der folgenden Markierung (M1, M2, M3) nach der Überstreichung des nächsten Schwellwerts die höhere Wertigkeit und bei einer höheren Wertigkeit der folgenden Markierung (M1, M2, M3) nach Überstreichen des nächsten Schwellwerts die niedrigere Wertigkeit zugeordnet wird. 25 30 35 40 45

5. Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß eine Bewegungskurve des Maßstabs (2) erstellt wird. 50

6. Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß eine Bewegungskurve des Maßstabs (2) erstellt wird, indem ausgehend von einem vorgegebenen oder vorbestimmten Anfangswert einer Markierung (M1, M2, M3) die Zahl der Ausgangspulse von Komparatoren (K1, K2) gezählt wird, jeder Puls einer Bewegung des Maßstabs (2) zugeordnet wird, bei jeder Überstreichung bei Vorwärtsbewegung des Maßstabs (2) die Pulszahl inkrementiert wird und bei Rückwärtsbewegung dekrementiert wird, daß jeder Pulszahl der Zeitwert der zugehörigen Überstreichung zugeordnet wird und ein Wertepaar aus der der Pulszahl zuzuordnenden Weggröße und zugehörigem Zeitwert gebildet wird. 55 60 65

7. Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß ein Mikrocomputer zur Verfolgung und Auswertung der Abtastung des

Maßstabs (2) eingesetzt wird.

8. Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß farbige Markierungen verwendet werden.

9. Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß farbige Markierungen und Graustufen verwendet werden.

Hierzu 2 Seite(n) Zeichnungen

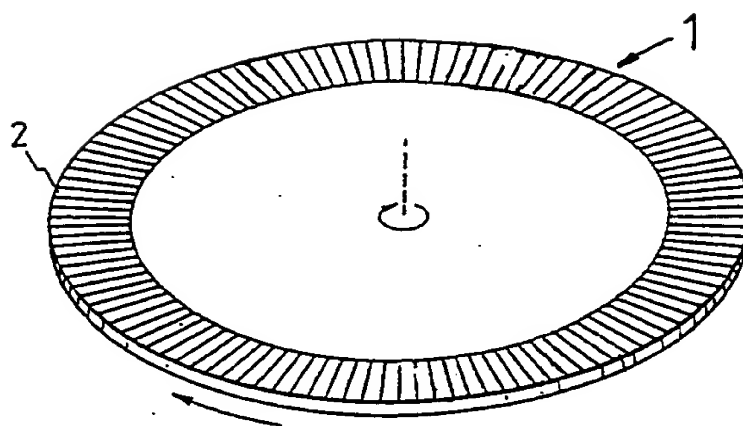


Fig.1

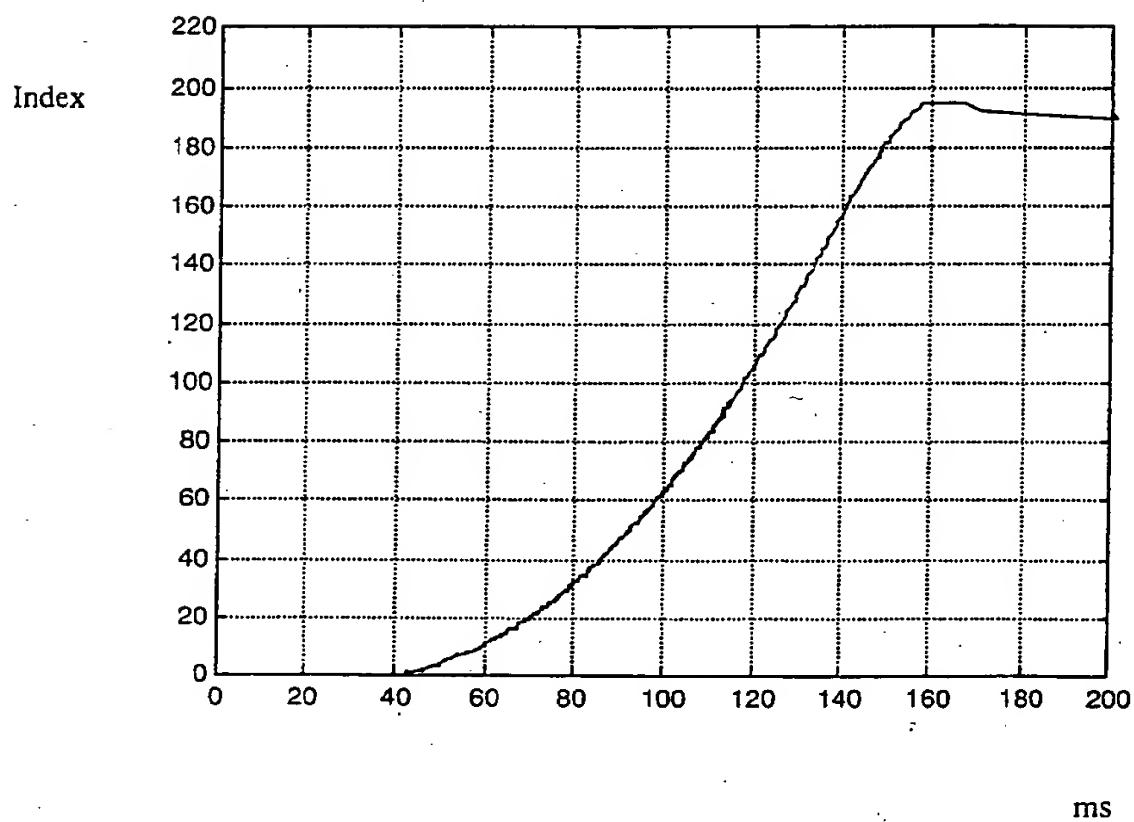


Fig. 5

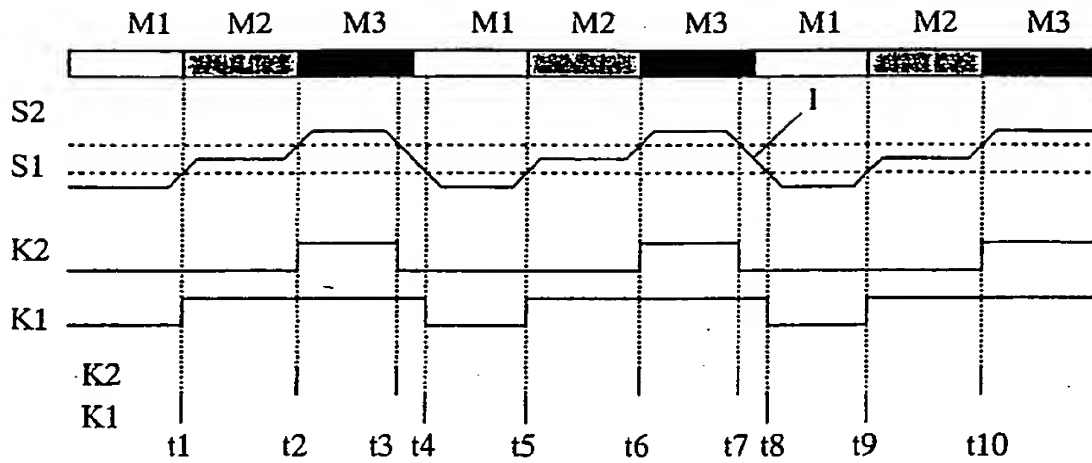


Fig. 2

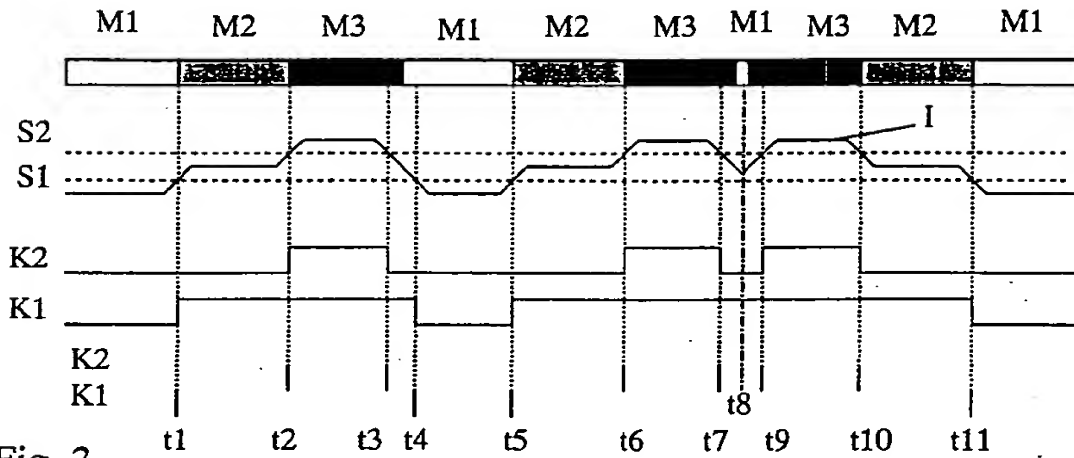


Fig. 3

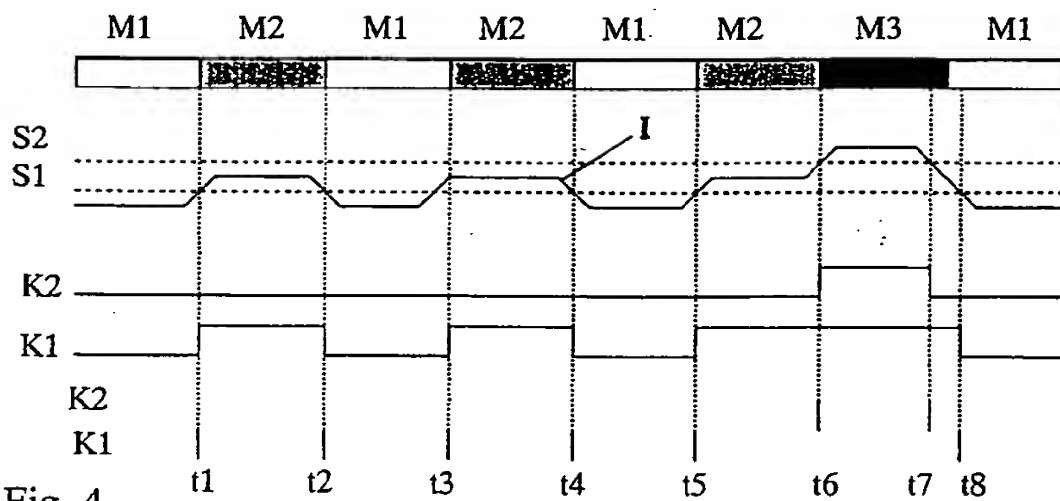


Fig. 4